

УДК 574.9:551.583:632.7

ПРОГНОЗ ИЗМЕНЕНИЙ КЛИМАТИЧЕСКОГО АРЕАЛА КОЛОРАДСКОГО ЖУКА НА ТЕРРИТОРИИ РОССИИ И СОСЕДНИХ СТРАН ПРИ РАЗЛИЧНЫХ СЦЕНАРИЯХ АНТРОПОГЕННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА КЛИМАТ

© 2016 г. Е.Н. Попова^{*,**}, И.О. Попов^{**}

^{*}Институт географии РАН, Москва, Россия

^{**}Институт глобального климата и экологии Росгидромета и РАН, Москва, Россия

e-mail: en_porova@mail.ru

Поступила в редакцию 23.09.2013 г.

Изменения климатического ареала колорадского жука – опасного вредителя картофеля – в XXI в. рассчитаны и представлены на картах-схемах, исходя из требований этого вида к определенным климатическим условиям. Для прогноза использованы мультимодельные средние для двух сценариев антропогенного воздействия на климатическую систему Земли – умеренного (RCP4.5) и экстремального (RCP8.5). Показано, что при рассматриваемых сценариях дальнейшее потепление на территории России и соседних стран приведет к расширению ареала в северном, северо-восточном и восточном направлениях. Максимальное приращение ареала к концу XXI столетия будет наблюдаться при экстремальном сценарии. Климатические ареалы колорадского жука, соответствующие рассматриваемым сценариям, для периода времени, когда средняя глобальная температура воздуха увеличится на 2 °C по отношению к доиндустриальному уровню, сходны между собой.

Ключевые слова: климатический ареал, колорадский жук, сценарии антропогенного воздействия на климат, моделирование ареала, будущий климат, изменения климата.

Введение. В условиях современного потепления климата одной из наиболее важных задач становится оценка его будущих изменений и их влияния на жизненно важные для человека объекты и процессы [9, 10]. Продовольственная проблема и защита сельскохозяйственных растений от вредителей всегда были приоритетными для человечества. Насекомые-вредители – один из наиболее мощных биологических факторов, способных значительно снизить урожай. Они как эктотермные организмы существенно зависят от температуры окружающей среды, поэтому изменение климатических параметров неизбежно приведет к смещению границ их ареалов и зон массового размножения. Один из наиболее опасных представителей этой группы – колорадский жук (*Leptinotarsa decemlineata* Say), поражающий картофель и другие важные пасленовые культуры, такие, как томаты и баклажаны. В отдельные годы он способен снизить их урожай на 60–90% [17, 18, 20].

Колорадский жук – типичный инвазийный вид жуков-листоедов, формирующий свой вторичный ареал на территориях Евразии [19], куда он был

занесен из Северной Америки. Североамериканский ареал также является вторичным и образовался по мере расселения насекомого из Сонорской зоогеографической провинции в Мексике. Колорадский жук появился на территории России относительно недавно, в середине прошлого века. Новый евразийский ареал вредителя находится на стадии формирования, его границы еще не достигли своих возможных пределов и продолжают расширяться. Это связано, в том числе, и с наблюдаемыми в последние десятилетия климатическими изменениями, являющимися следствием потепления климата [12, 13, 21, 22]. Для оценки влияния настоящих и будущих климатических изменений на популяции колорадского жука уместно использовать представление о “климатическом ареале” – той части пространства, где условия климата допускают устойчивое существование вида.

Для оценки будущего климата широко используют различные методы моделирования. Один из них – создание математических динамических моделей. Наиболее сложными математическими моделями, относящимися к группе динамических,

являются модели общей циркуляции атмосферы и океана (МОЦАО). С помощью этих моделей количественно описывается изменение во времени глобального климата со значительным пространственным разрешением. Они с большой степенью подробности учитывают свойства основных компонентов климатической системы Земли – гидросферы, атмосферы, почвы и биосферы, процессы, в них протекающие, а также их взаимодействия между собой и с внешними системами (в частности, с излучением Солнца). При запуске МОЦАО за начальное условие принимается современное состояние климатической системы Земли, а в результате получают траекторию эволюции климатической системы в будущем [8]. Для оптимизации полученных с помощью таких моделей прогностических данных применяют “ансамблевый” подход, при котором одновременно используют несколько МОЦАО, а затем результаты расчетов усредняют, что значительно улучшает прогноз климата.

Цель настоящей работы – картографическое моделирование будущего климатического ареала колорадского жука на основе расчетных климатических данных, полученных усреднением результатов по “ансамблю” моделей общей циркуляции атмосферы и океана с использованием современных сценариев антропогенного воздействия на климатическую систему Земли.

Материалы и методы исследования. Для оценки влияния будущих климатических изменений на потенциальный ареал колорадского жука использовали картографический метод моделирования, который заключается в том, что полученные с помощью расчетных моделей ряды климатических данных наносятся на картографическую основу и сравниваются визуально. С помощью таких моделей можно оценивать произошедшие за разные временные периоды изменения выбранных климатических величин, оказывающих существенное влияние на распространение и развитие экотермных живых организмов, в заданный временной интервал.

На основе анализа литературных данных в качестве основных критериев, определяющих климатический ареал колорадского жука на территории России и соседних стран, были выбраны следующие: климатическая величина – среднегодовая температура воздуха и прикладной климатический индекс – сумма эффективных температур воздуха, представляющая собой сумму превышений среднесуточными температурами воздуха некоторого значения – нижнего порога развития вида – за календарный год, выраженная в °C·сут. [25]. При этом для устойчивого существования популяции колорадского жука в точке

географического пространства должно быть одновременно выполнено два условия:

- среднегодовая температура воздуха должна находиться в пределах от 0 до 20 °C [26];

- сумма эффективных температур воздуха при нижнем пороге развития 11.5 °C должна быть не ниже 360 °C·сут. [3, 6, 23, 24].

Последняя величина может варьировать в зависимости от географической зоны, ее микроклимата и погодных особенностей сезона [1, 2, 5, 16], однако ее можно использовать для широких географических обобщений.

В качестве исходной метеорологической информации для расчета приведенных выше климатических критериев были выбраны данные, полученные в Главной геофизической обсерватории им. А.И. Воейкова (ГГО) при усреднении результатов расчетов по 31 МОЦАО [4]. Все МОЦАО участвуют в проекте сравнения глобальных климатических моделей (CMIP5: Coupled Model Intercomparison Project – Phase 5). Запуск моделей проводили с использованием двух сценариев антропогенного воздействия на климат, относящихся к семейству RCP (Representative Concentration Pathways). Один из них – RCP8.5 – является экстремальным, предполагающим наиболее высокий уровень увеличения значений факторов, ведущих к общему потеплению климата, а именно, что радиационное воздействие в 2100 г. превысит 8.5 Вт/м², а концентрация парниковых газов, соответствующая CO₂-эквиваленту, будет более 1370 ppm [28, 29]. Другой сценарий – RCP4.5 – умеренный, согласно ему радиационное воздействие и концентрация парниковых газов, соответствующая CO₂-эквиваленту, в 2100 г. стабилизируются и составят соответственно 4.5 Вт/м² и 650 ppm [27, 28].

Далее для заданного периода времени $[t_1, t_2]$, где t_1 – начальный год периода, а t_2 – конечный год, были определены климатические значения среднегодовой температуры воздуха и климатический годовой ход среднесуточной температуры воздуха, на основе которого рассчитали сумму эффективных температур. Комплекс вычислительных алгоритмов и методика, которые при этом использовались, описаны в работах [14, 15].

Данные о климатических значениях среднегодовой температуры воздуха и о сумме эффективных температур были интерполированы на центры квадратов географической сетки $1 \times 1^\circ$, согласно алгоритму, изложенному в работе [15]. С помощью языка программирования *Visual Basic for Applications* в программе *Excel 2003* точки географического пространства, удовлетворяю-

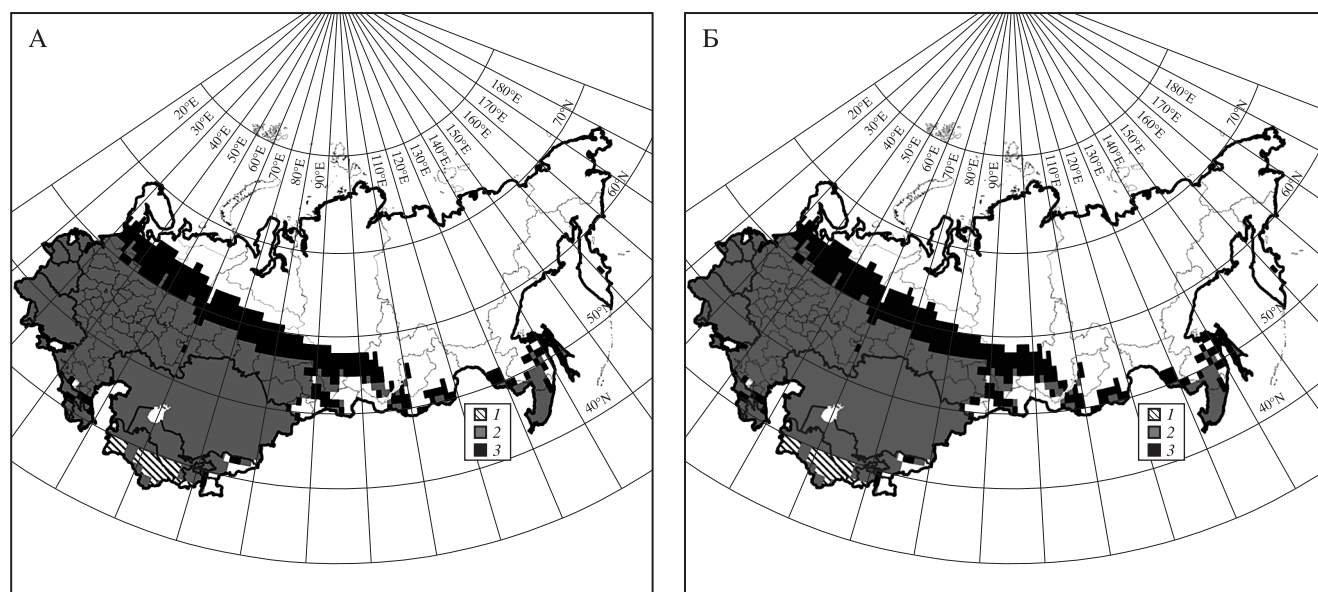


Рис. 1. Потенциальные изменения климатического ареала колорадского жука на территории России и соседних стран при увеличении среднегодовой температуры воздуха на 1.5°C по сравнению с базовым периодом 1981–2000 гг. Расчет проведен на основе мультимодельных средних для двух сценариев антропогенного воздействия на климат Земли: RCP4.5 (А) и RCP8.5 (Б).

1 – территория сокращения климатического ареала вредителя при увеличении среднегодовой температуры воздуха; 2 – часть климатического ареала вредителя, оставшаяся неизменной; 3 – территория приращения климатического ареала вредителя при увеличении среднегодовой температуры воздуха.

щие всем выбранным климатическим критериям в заданный период времени, были отнесены к климатическому ареалу колорадского жука, а не удовлетворяющие – остались за его пределами. Для визуализации эти данные представлялись картографически с помощью программы MapInfo Professional 9.5.

Результаты и обсуждение. С помощью указанных выше методов нами был рассчитан и построен прогнозируемый климатический ареал колорадского жука для четырех временных периодов при развитии отдельно каждого из двух сценариев антропогенного воздействия на климат – RCP4.5 и RCP8.5. Один из этих периодов – базовый – соответствует временному интервалу 1981–2000 гг. Данные по температуре для него взяты из работы [30] и использовались в модельном анализе, подготовленном ГГО, в качестве начальных условий при запуске моделей. Созданный по этим данным климатический ареал колорадского жука является общим для обоих сценариев и присутствует на всех построенных картах для сравнения с дальнейшими его изменениями. Второй период времени соответствует моменту, когда средняя по ансамблю глобальная температура воздуха увеличится на 2°C по отношению к доиндустриальному уровню, что является неким критическим порогом дальнейшего потепления климата, после которого оно будет носить негативный характер

для населения земного шара. Это произойдет, когда средняя глобальная температура воздуха увеличится на 1.5°C по сравнению с уровнем 1981–2000 гг. По сценарию RCP4.5 это случится в 2034–2053 гг., а по сценарию RCP 8.5 – в 2028–2047 гг. (рис. 1А, Б).

Следующий временной интервал относится к периоду 2041–2060 гг., а соответствующие ему потенциальные климатические ареалы колорадского жука при условии дальнейшего потепления климата по сценариям RCP4.5 и RCP8.5 представлены на рис. 2А и 2Б соответственно. Наконец, четвертым отрезком времени, для которого были построены потенциальные климатические ареалы колорадского жука, рассчитанные по модельным данным, стало последнее двадцатилетие текущего века – 2080–2099 гг. (рис. 3А и 3Б для сценариев RCP4.5 и RCP8.5 соответственно). Таким образом, можно проследить, как будут изменяться границы климатического ареала колорадского жука на протяжении XXI в. при дальнейшем развитии экстремального или умеренного сценариев глобального потепления климата на территории России и соседних стран.

Отметим, что при дальнейшем потеплении, как по экстремальному, так и по умеренному сценариям антропогенного воздействия на климатическую систему Земли, климатический ареал колорадского жука будет непрерывно расширяться в

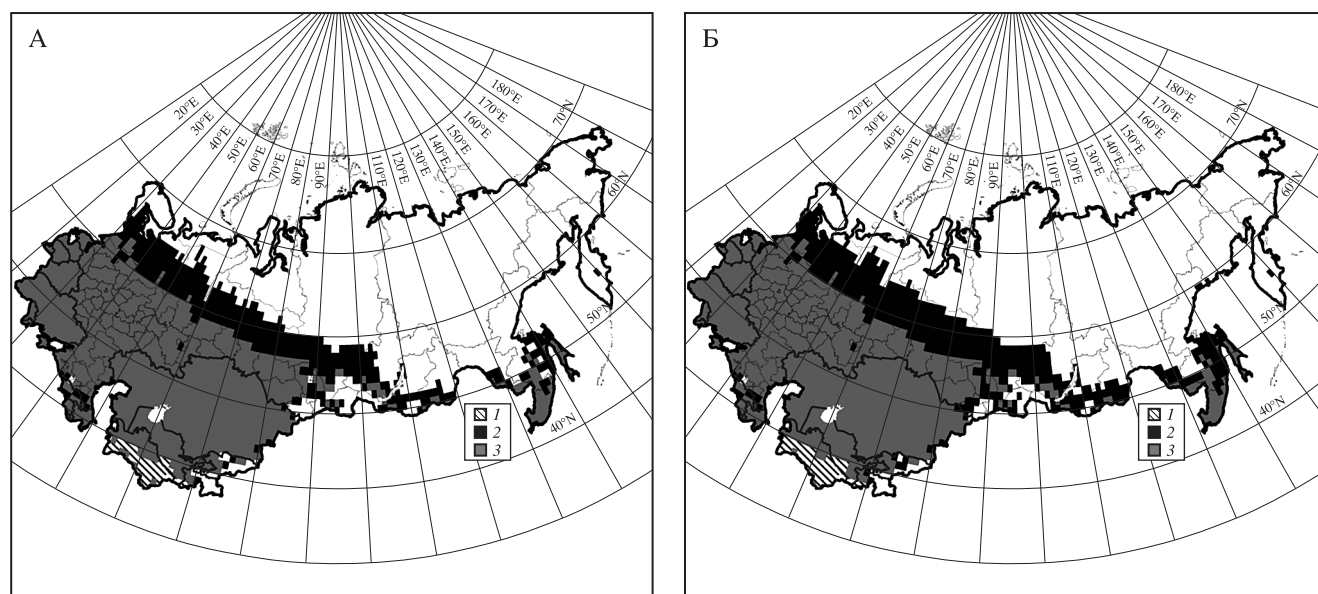


Рис. 2. Потенциальные изменения климатического ареала колорадского жука на территории России и соседних стран, рассчитанные для периода 2041–2060 гг. относительно базового периода 1981–2000 гг. по мультимодельным средним климатическим данным для двух сценариев антропогенного воздействия на климат: RCP4.5 (А) и RCP8.5 (Б).

1 – территория сокращения климатического ареала вредителя в период 2041–2060 гг. относительно базового периода 1981–2000 гг.; 2 – территория приращения климатического ареала вредителя в период 2041–2060 гг. относительно базового периода 1981–2000 гг.; 3 – часть климатического ареала вредителя, оставшаяся неизменной в оба периода.

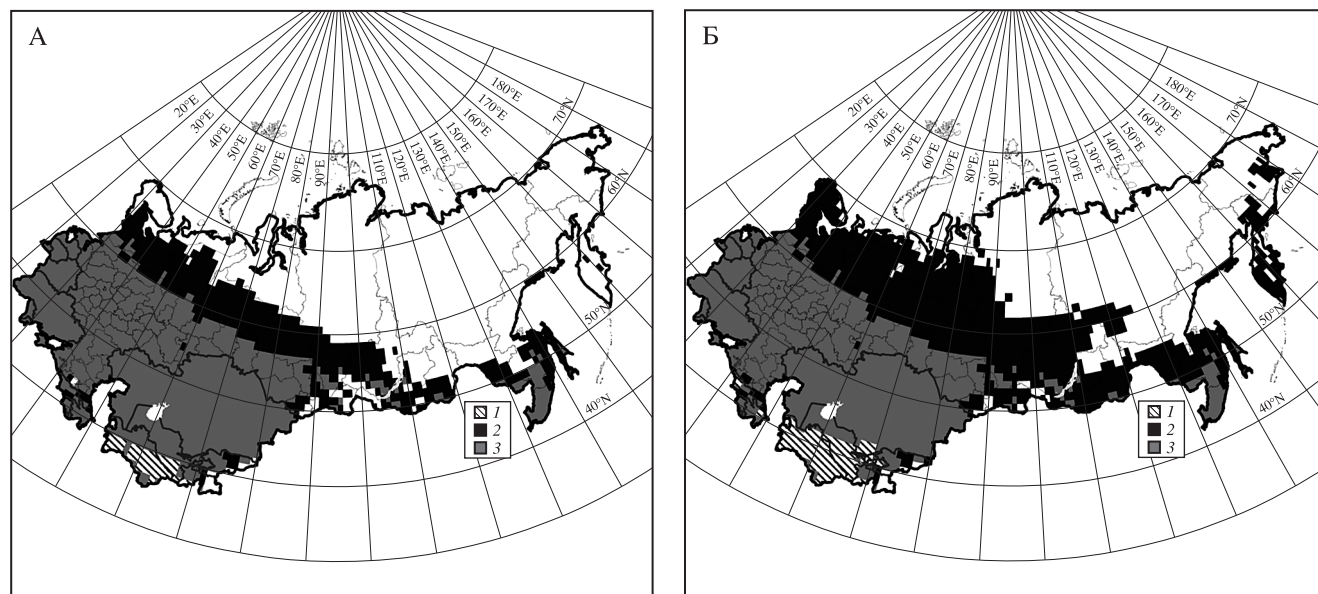


Рис. 3. Потенциальные изменения климатического ареала колорадского жука на территории России и соседних стран, рассчитанные для периода 2080–2099 гг. относительно базового периода 1981–2000 гг. по мультимодельным средним климатическим данным для двух сценариев антропогенного воздействия на климат: RCP4.5 (А) и RCP8.5 (Б).

1 – территория сокращения климатического ареала вредителя в период 2080–2099 гг. относительно базового периода 1981–2000 гг.; 2 – территория приращения климатического ареала вредителя в период 2080–2099 гг. относительно базового периода 1981–2000 гг.; 3 – часть климатического ареала вредителя, оставшаяся неизменной в оба периода.

северном, северо-восточном и восточном направлениях (рис. 1–3). При этом в южных регионах, преимущественно в Средней Азии, наблюдается его постепенное сокращение. Это связано с тем,

что при потеплении климата в соответствии с подобными модельными расчетами, среднегодовая температура воздуха в данном регионе превысит значение 20 °С, что является верхним порогом,

ограничивающим распространение *Leptinotarsa decemlineata* Say [26]. При экстремальном сценарии к концу века некоторое сокращение климатического ареала колорадского жука может произойти и в Закавказье. Дальнейшее пребывание вредителя на данных территориях будет зависеть от возможностей его адаптации к новым условиям среды обитания. Однако эти регионы лежат за пределами России и присутствие или отсутствие здесь колорадского жука не повлияет на ее экономику.

Увеличение средней глобальной температуры воздуха на 2 °C по отношению к доиндустриальному уровню (или на 1.5 °C по сравнению с уровнем 1981–2000 гг.), вне зависимости от того, по какому сценарию будут развиваться дальнейшие климатические изменения, приводит к сходным результатам, так как потенциальные ареалы колорадского жука, рассчитанные как для сценария RCP4.5, так и для сценария RCP8.5, за исключением нескольких небольших участков, практически идентичны (рис. 1А, Б). Только по умеренному сценарию RCP4.5 это событие произойдет несколькими годами позже, чем по экстремальному сценарию RCP8.5 (периоды 2034–2053 гг. и 2028–2047 гг. соответственно).

Потенциальные ареалы колорадского жука, относящиеся к середине XXI в. (2041–2060 гг.), уже в большей степени отличаются друг от друга при развитии различных сценариев антропогенного воздействия на климатическую систему Земли (рис. 2А, Б). В конце же XXI в. (2080–2099 гг.) эти различия станут еще более значительными (рис. 3А, Б). При этом климатический ареал вредителя, рассчитанный по умеренному сценарию RCP4.5 для конца XXI в., будет сходен с ареалом, рассчитанным по экстремальному сценарию RCP8.5 для периода 2041–2060 гг., находящегося в середине столетия (рис. 2Б, 3А). Согласно этим полученным расчетным и картографическим данным устойчивое существование популяций колорадского жука станет возможным вплоть до северных пределов республики Карелия, Ханты-мансийского автономного округа, Томской и Архангельской областей, местами будет достигать северной границы республики Коми. Далее в восточном направлении колорадский жук сможет занять значительную часть Красноярского края на юге, дойти до центральных районов Иркутской области, республики Бурятия и Забайкальского края. На Дальнем Востоке он продолжит свое расселение к северу в Амурской и Хабаровской областях, а также сможет поселиться на острове Сахалин. Если учесть, что уже в настоящее время ареал колорадского жука продвинулся на севере

до центральных районов республик Карелия и Коми, Архангельской и Тюменской областей, что колорадский жук занял весь юг Красноярского края и достиг границ с Иркутской областью, а на Дальнем Востоке отмечено его проникновение в Амурскую область и Хабаровский край [7, 11, 13], то экстремальный сценарий антропогенного воздействия на климат может оказаться вполне реалистичным. Все это, правда будет возможным при условии, что аналогичным образом будет расширяться и ареал пасленовых, для которых он выступает облигатным вредителем.

Если глобальное потепление будет дальше развиваться по экстремальному сценарию, то к концу XXI в. колорадский жук сможет проникнуть во все регионы культивирования картофеля и произрастания диких пасленовых: в северные районы Европейской части России вплоть до берегов Белого и Баренцева морей, существенно продвинувшись на восток, заняв практически всю Тюменскую область, значительную часть Красноярского края и Иркутской области, а также большую часть республик Алтай и Бурятия, Забайкальского края, Амурской области, о. Сахалин и Камчатского края. Также благоприятными по своим климатическим условиям для колорадского жука станут отдельные районы Якутии и восточного побережья Чукотки (рис. 3Б). Интересно отметить, что в этот последний период при развитии сценария RCP8.5, приращения климатического ареала колорадского жука в северо-восточном и восточном направлениях носят неравномерный разнонаправленный характер (рис. 3Б), тогда как в других случаях (рис. 1А, Б; 2А, Б; 3А), смещение его границы в этих направлениях было довольно равновекторным.

В настоящее время кормовая база не является препятствием к распространению колорадского жука на территории России, так как ареал возделывания картофеля шире ареала вредителя, особенно в северном, северо-восточном и восточном направлениях. К тому же колорадский жук способен питаться и на других пасленовых, в том числе дикорастущих. Последующие климатические изменения, связанные с повышением приземной температуры воздуха приведут к тому, что увеличатся возможности выращивания картофеля и в других местообитаниях, до сих пор не подходящих для этого из-за холодных погодных условий, а значит, колорадский жук сможет сформировать здесь свои популяции.

Заключение. При дальнейшем потеплении климата вне зависимости от сценария, по которому оно будет развиваться, климатический ареал колорадского жука в России и соседних странах изменится: он существенно расширится в северном,

северо-восточном и восточном направлениях и несколько сократится в южных регионах, которые расположены вне пределов России, преимущественно на территории Средней Азии. Увеличение средней глобальной температуры воздуха на 2 °С по отношению к доиндустриальному уровню, что является критическим пределом допустимого повышения температуры воздуха, приведет к почти одинаковым смещениям границ климатического ареала колорадского жука и по умеренному (RCP4.5), и по экстремальному (RCP8.5) сценариям. Наибольшие различия в изменении ареала вредителя при умеренном и экстремальном сценариях антропогенного воздействия на климат проявятся в последние десятилетия XXI в., при этом по экстремальному сценарию приращения климатического ареала колорадского жука в северо-восточном и восточном направлениях будут носить неравномерный разновекторный характер. Полученные данные свидетельствуют о возможности дальнейшего расселения колорадского жука по территории России и появлении его в ранее не характерных для него местообитаниях вплоть до побережий Белого, Баренцева и дальневосточных морей. Это может нанести существенный урон сельскому хозяйству и населению северных и северо-восточных регионов страны, так как картофель является здесь основной продовольственной сельскохозяйственной культурой, выдерживающей суровые местные условия. В связи с этим необходимо усиливать карантинный контроль в приграничных по отношению к ареалу колорадского жука районах, не допуская его проникновения в еще не обжитые им места. Также перспективными и поддерживаемыми на государственном уровне должны стать изучение экологии и адаптационных способностей этого вредителя и дальнейшая разработка современных методов борьбы с ним, преимущественно биологических.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Венгорек В. Результаты исследовательских работ по колорадскому жуку в Польше // Тр. междунар. совещ. по изуч. колорадского жука и разработке мер борьбы с ним. М.: Изд-во АН СССР, 1959. С. 43–54.
2. Журавлев В.Н. Биология колорадского жука (*Leptinotarsa decemlineata* Say) и его значение как вредителя картофеля в Калининградской области: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Л.: ВАСХНИЛ, ВНИИЗР, 1964. С. 1–23.
3. Злотников М.Д. Возможный ареал распространения и сроки развития колорадского жука в Европейской части СССР // Тр. ВНИИ защиты растений. 1967. Вып. 27. С. 68–74.
4. Катцов В.М., Говоркова В.А. Ожидаемые изменения приземной температуры воздуха, осадков и годового стока на территории России в XXI-м веке: результаты расчетов с помощью глобальных климатических моделей (CMIP5) // Тр. ГГО. 2013. Вып. 569. С. 75–97.
5. Колорадский картофельный жук *Leptinotarsa decemlineata* Say / Под ред. Р.С. Ушатинской. М.: Наука, 1981. 337 с.
6. Ларченко К.И. Длительность развития колорадского жука (*Leptinotarsa decemlineata* Say) в зависимости от температуры // Колорадский жук и меры борьбы с ним. Т. 2. М.: Изд-во АН СССР. 1958. С. 81–92.
7. Маццишина Н.В. Особенности биологии и экологии колорадского жука *Leptinotarsa decemlineata* (Say, 1824) (Coleoptera, Chrysomelidae) в Приморском крае: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Владивосток: БПИ ДВО РАН, 2012. 19 с.
8. Методы оценки последствий изменения климата для физических и биологических систем / Под ред. С.М. Семенова. М.: НИЦ "Планета", 2012. 512 с.
9. Оценочный доклад об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации. Т. I. Изменения климата. М.: Росгидромет, 2008. 227 с.
10. Оценочный доклад об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации. Т. II. Последствия изменений климата. М.: Росгидромет, 2008. 288 с.
11. Павлюшин В.А., Сухорученко Г.И., Фасулати С.Р., Вилкова Н.А. Колорадский жук: распространение, экологическая пластичность, вредоносность, методы контроля // Защита и карантин растений (приложение). 2009. № 3. 32 с.
12. Попова Е.Н. Изменение биоклиматических показателей на территории России в последние десятилетия // Девятое сибирское совещ. по климато-экологическому мониторингу / Матер. Всерос. конф. 3–6 октября 2011 г. Томск: Аграф-Пресс, 2011. С. 64–66.
13. Попова Е.Н., Семенов С.М. Современные и ожидаемые изменения границ климатического ареала колорадского жука в России и соседних странах // Метеорология и гидрология. 2013. № 7. С. 103–110.
14. Семенов С.М., Гельвер Е.С. Изменение годового хода среднесуточной температуры воздуха на территории России в XX веке // ДАН. Сер. геофизическая. 2002. Т. 386. № 3. С. 389–394.
15. Семенов С.М., Ясюкевич В.В., Гельвер Е.С. Выявление климатогенных изменений. М.: ИЦ Метеорология и гидрология, 2006. 324 с.
16. Сикура Л.В. О методах прогнозирования сроков развития отдельных стадий колорадского жука (*Leptinotarsa decemlineata* Say) // Зоол. журн. 1963. Т. 42. № 7. С. 1041–1044.
17. Слобожанкина Е.А. Особенности развития колорадского жука в Зауралье за последние 5 лет // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2007. № 3. С. 23–26.
18. Теняев А.В. Вредоносность колорадского жука на территории Рязанской области // Современные си-

- стемы защиты и новые направления в повышении устойчивости картофеля к колорадскому жуку. Сер. Генетическая инженерия и экология. М.: Центр "Биоинженерия РАН", 2000. Т. 1. С. 10–11.
19. Тишков А.А., Масляков В.Ю., Царевская Н.Г. Антропогенная трансформация биоразнообразия в процессе непреднамеренной интродукции организмов (биогеографические последствия) // Изв. РАН. Сер. геогр. 1995. № 4. С. 74–85.
 20. Трибель С.А. Потери урожая картофеля от колорадского жука на Украине // Современные системы защиты и новые направления в повышении устойчивости картофеля к колорадскому жуку. Сер. Генетическая инженерия и экология. М.: Центр "Биоинженерия РАН", 2000. Т. 1. С. 14–15.
 21. Ясюкевич В.В., Попова Е.Н., Гельвер Е.С., Ривкин Л.Е. Влияние климатических факторов на формирование ареала колорадского жука (*Leptinotarsa decemlineata* Say) // Проблемы экологического мониторинга и моделирования экосистем. СПб.: Гидрометеоздат, 2007. Т. 21. С. 348–379.
 22. Ясюкевич В.В., Давидович Е.А., Титкина С.Н., Попова Е.Н., Ясюкевич Н.В. Изменения климата во второй половине XX – начале XXI веков и связанные с ними изменения потенциального ареала колорадского жука (*Leptinotarsa decemlineata* Say) // Проблемы экологического мониторинга и моделирования экосистем. М.: ФГБУ НИЦ "Планета", 2011. Т. XXIV. С. 47–63.
 23. Alfaro A. Un ciclo de desarrollo en el escarabajo de la patata // Bol. pathol. veget. y entomol. agric. 1943. No. 12. P. 9–30.
 24. Alfaro A. Algunos aspectos de la biología del escarabajo de la patata (*Leptinotarsa decemlineata* Say) // Bol. pathol. veget. y entomol. agric. 1949. No. 16. P. 91–104.
 25. Blunk M. Die Entwicklung von *Dytiscus marginalis* L. vom Ei bis zur Imago // Zeitschrift für wissenschaftliche Zoologie. 1923. Bd. 121. 221 s.
 26. Trouvelot B. Le doryphore de pomme de terre en Amérique du Nord // Ann. epiphyt. N. S. 1936. Vol. 1. P. 277–336.
 27. Clarke L., Edmonds J., Jacoby H., Pitcher H., Reilly J., and Richels R. Scenarios of Greenhouse Gas Emissions and Atmospheric Concentrations. Sub-report 2.1A of Synthesis and Assessment Product 2.1 by the U.S. Climate Change Science Program and the Subcommittee on Global Change Research. Department of Energy, Office of Biological & Environmental Research, Washington, 7 DC., USA, 2007. 154 p.
 28. Moss R., Babiker M., Brinkman S., Calvo E., Carter T., Edmonds J., Elgizouli I., Emori S., Erda L., Hibbard K.J., Roger N., Kainuma M., Kelleher J., Lamarque J.F., Manning M., Matthews B., Meehl J., Meyer L., Mitchell J., Nakicenovic N., O'Neill B., Pichs R., Riahi K., Rose S., Stouffer R., van Vuuren D., Weyant J., Wilbanks T., van Ypersele J.P., and Zurek M. IPCC Expert Meeting Report: Towards New Scenarios for Analysis of Emissions, Climate Change, Impacts, and Response Strategies. Intergovernmental Panel on Climate Change. Geneva. Switzerland. 2008. 132 p.
 29. Riahi K., Gruebler A., and Nakicenovic N. Scenarios of long-term socioeconomic and environmental development under climate stabilization. Greenhouse Gases – Integrated Assessment. Special Issue of Technological Forecasting and Social Change. 2007. Vol. 74. No. 7. P. 887–935. doi:10.1016/j.techfore.2006.05.026.
 30. Rienecker M.M., Suarez M.J., Gelaro R., Todling R., Bacmeister J., Liu E., Bosilovich M.G., Schubert S.D., Takacs L., Kim G.-K., Bloom S., Chen J., Collins D., Conaty A., da Silva A., Gu W., Joiner J., Koster R.D., Lucchesi R., Molod A., Owens T., Pawson S., Pegion P., Redder C.R., Reichle R., Robertson F.R., Ruddick A.G., Sienkiewicz M., and Woollen J. MERRA – NASA's Modern-Era Retrospective // Anal. Res. Appl., J. Climate. 2011. Vol. 24. P. 3624–3648. doi:10.1175/JCLI11-00015.1.

Potential of Changes in Climatic Range of Colorado Potato Beetle in Russia and Neighboring Countries under Different Scenarios of Anthropogenic Impact on Climate

E.N. Popova*,** and I.O. Popov**

* Institute of Geography, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

** Institute of Global Climate and Ecology of Roshydromet and Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia
e-mail: en_popova@mail.ru

Changes in climatic range of a dangerous pest Colorado potato beetle in the 21st century are computed and mapped on the basis of known requirements of this species to climatic conditions. Multi-model averages for two scenarios of anthropogenic impact on the Earth's climate system (moderate RCP4.5 and extreme RCP8.5) are used as future climates. It is shown that in Russia and neighboring countries further warming will lead to northward, north-eastward and eastward expansion of the range under both scenarios. At the end of the 21st century, maximal increase in the range will take place under extreme scenario. Climatic ranges of Colorado potato beetle at the time periods when global mean air temperature exceeds the preindustrial level by 2 °C will be similar for both scenarios.

Keywords: Colorado potato beetle, climatic range, scenarios of anthropogenic impact on climate, range modeling, future climate.

doi:10.15356/0373-2444-2016-1-67-73